

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
КАФЕДРА ЗВУКОТЕХНІКИ ТА РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
"Телекомунікаційні безпроводові системи 3. Системи цифрового  
телебачення"**

**(для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки  
6.050903 "Телекомунікації")**

**Київ – 2016**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Телекомунікаційні безпроводові системи 3. Системи цифрового телебачення" для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050903 "Телекомунікації" / Укл. В.С. Лазебний, П.В. Попович, М.Г. Лискова. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 32 с.

*Рекомендовано Вченою Радою ФЕЛ  
(Протокол №01/2016 від 25.01.2016 р)*

Навчальне видання

### **Методичні рекомендації**

до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
"Телекомунікаційні безпроводові системи 3. Системи цифрового телебачення"  
для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050903 "Телекомунікації"

Укладачі:

*Лазебний Володимир Семенович, к.т.н., доцент*

*Попович Павло Васильович, асистент*

*Лискова Марина Геннадіївна, асистент*

Відповідальний редактор:

*Савченко Юлій Григорович, д.т.н., професор*

Рецензент:

*Найда Сергій Анатолійович, д.т.н., професор кафедри*

*А та АЕ НТУУ «КПІ»*

Ухвалено на засіданні кафедри Звукотехніки та реєстрації інформації / протокол №7 від 21.01.2016 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....	5
Лабораторна робота №1 .....	5
Лабораторна робота №2.....	16
Лабораторна робота №3.....	20
Лабораторна робота №4.....	24
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВКАЗІВКИ ПРО ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	29
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	30

## ВСТУП

Дисципліна "Телекомунікаційні безпроводові системи 3. Системи цифрового телебачення" є однією з фахових дисциплін під час підготовки фахівців у галузі телекомунікацій. Дисципліна має на меті детальне висвітлення особливостей функціонування систем цифрового телебачення. Це є вкрай важливим для компаній, які займаються виробництвом обладнання для систем цифрового телебачення, налаштуванням та обслуговуванням цих систем.

Виконання комплексу лабораторних робіт з цієї дисципліни дозволяє оволодіти базовими сучасними знаннями та навичками з питань аналізу, проектування та налаштування систем цифрового телебачення.

Виконання лабораторних робіт з даної дисципліни дозволяє наглядно продемонструвати особливості роботи зі спеціалізованими програмними комплексами, які дозволяють дослідити особливості роботи функціонування різних систем цифрового телебачення.

# **РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

## **Лабораторна робота №1**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТИСНЕННЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ**

**Мета роботи:** дослідити основи процесу стиснення відеозображень у форматах Motion JPEG і MPEG-2.

#### **Теоретичні відомості**

Motion JPEG використовує внутрішньокадрове стиснення з втратами на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП). Ця математична операція переводить кожен кадр відеозображення з просторової області в частотну область (область перетворення). Психовізуальна модель, заснована на особливостях сприйняття зображень людиною, видаляє високочастотну інформацію, загрублюючи різкі переходи яскравості і відтінків кольору. Коефіцієнти ДКП квантуються, квантовані коефіцієнти потім без втрат упаковуються у вихідний бітовий потік з використанням кодів Хаффмана або за допомогою арифметичного кодування.

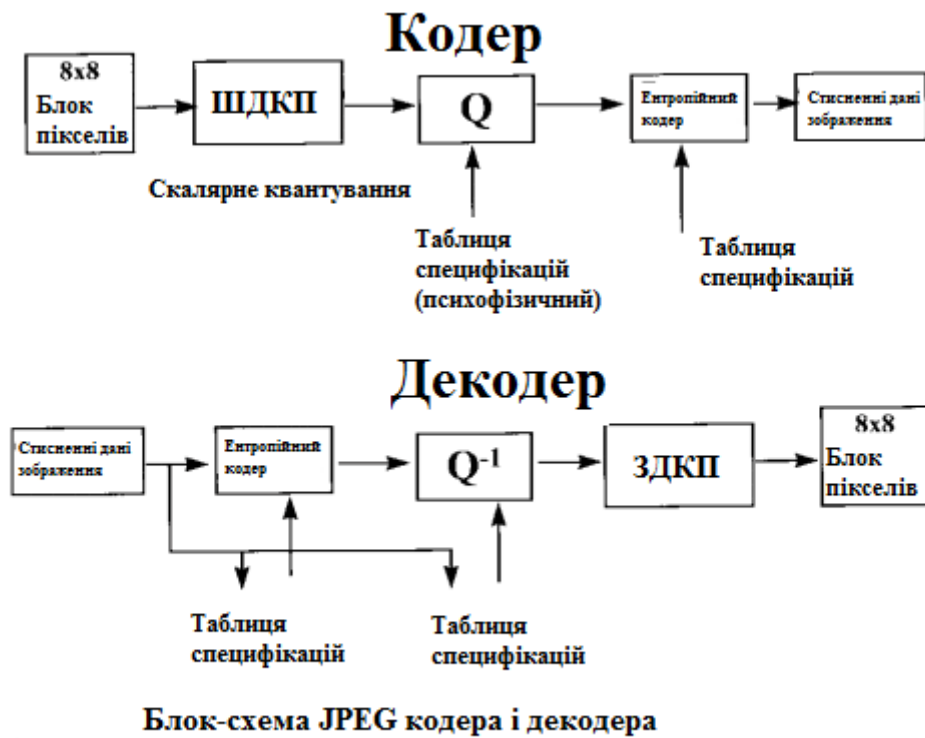


Рисунок 1.1 – Схема кодера і декодера JPEG

Майже всі програмні реалізації MJPEG дозволяють користувачам контролювати ступінь стиснення (а також інші параметри) і досягати компромісу якості зображення і розміру файлу. При апаратних рішеннях параметри кодування як правило попередньо обрані і зафіксовані.

Заголовок кожного кодованого MJPEG зазвичай відповідає стандарту JPEG, однак, допустимими є деякі невідповідності стандарту. Так, наприклад, у ньому може бути відсутнім маркер DHT, що визначає таблиці для хаффманівського декодування. У цьому випадку в процесі декодування слід використовувати таблиці, наведені в розділі K.3 стандарту JPEG (CCITT Rec. T.81).

У MJPEG застосовується схема тільки внутрішньокадрового стиснення (у порівнянні з більш складними схемами обчислення з міжкадровим стисненням). У той час, як сучасні відеоформати з міжкадровим стисненням, такі як MPEG1, MPEG2, H.264/MPEG-4 AVC і їм подібні, досягають реального ступеня стиснення 1:50 і більше, відсутність в MJPEG міжкадрового стиснення як

правило не дозволяє отримувати коефіцієнти стиснення, що перевершують 1:20, залежно від допустимості просторових спотворень в декодованих кадрах відеопослідовності. Так як кадри стискаються незалежно один від одного, MJPEG вимагає менше обчислювальних ресурсів і оперативної пам'яті на етапі кодування. Однак, декодування MJPEG може виявитися більш витратним, ніж при використанні міжкадрового стиснення, оскільки, по-перше, передбачає повне декодування в MJPEG кожного макроблоку зображення, тоді як при використанні схем з міжкадрових стисненням частина макроблоків, позначених як "skip", що не декодується, а береться з попередніх кадрів. По-друге, час виконання процедур хаффманівського декодування і зворотного ДКП залежить від інформаційної насиченості декодованого макроблоку зображення, яка за відсутності міжкадрового стиснення виявляється значно більшою, ніж при його наявності (у першому випадку декодується повне зображення, у другому - різницеве, тобто не саме зображення, а лише його відмінність від передвіщеного по попереднім кадрам).

При внутрішньокадровій схемі стиснення в MJPEG якість зображення залежить безпосередньо від статичної (просторової) складності кожного відеокадру. Кадри з великими гладкими переходами або монотонними областями добре стискаються, але при дуже високих ступенях стиснення містять крім оригінальних деталей видимі артефакти стиснення у вигляді блоків розміром 8x8 пікселів, що трохи відрізняються по яскравості і відтінку кольору. Поява їх пов'язано з грубим квантуванням низькочастотних коефіцієнтів ДКП. Кадри, які мають складні текстури, тонкі криві лінії, крім артефактів блочності містять також артефакти, які у вигляді шуму навколо тонких ліній і на різких кордонах (так званий ефект Гіббса), пов'язані з грубим квантуванням високочастотних коефіцієнтів ДКП.

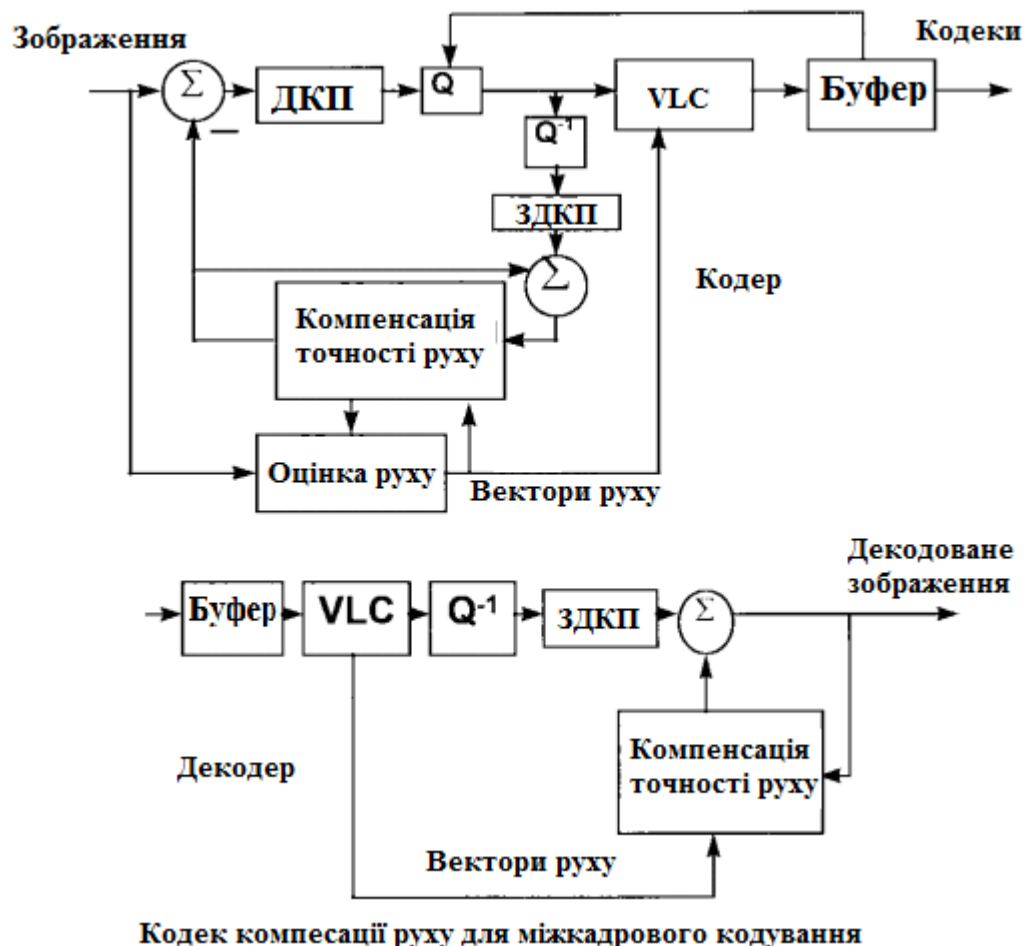


Рисунок 1.2 – Схема кодера і декодера MPEG-2

Компресія по стандарту **MPEG-2** кардинально змінила стан речей. Суть його роботи заснована на тому, що більше 97% цифрових даних, що представляють відео сигнал дублюються, тобто є надлишковими і можуть бути стиснуті без збитку якості зображення. Алгоритм MPEG-2 аналізує відеозображення в пошуках повторень, що є надмірністю. В результаті процесу видалення надмірності формат MPEG-2 забезпечує якісне відеозображення при більш низькій швидкості передачі даних. З цієї причини, сучасні засоби постачання відеопрограм, такі як цифрові супутникові системи і DVD, використовують саме стандарт MPEG-2. У порівнянні з MPEG-1 зміни відбулися як у звуковій, так і у відео-частині.

Основні зміни у відео:

- підтримка стандартів кольоровості: 4:4:4, 4:2:2;



- розподільна здатність кадру до 16383 x 16383;
- можливість кодування відео з чергуванням рядків;
- наявність режимів масштабування;

## Принцип роботи MPEG:

Кожен кадр (frame) в MPEG може бути наступного вигляду:

- I (Intra) - вихідний (ключовий) кадр, який кодується як звичайна картинка. I-кадри грають роль опорних при відновленні інших зображень.
- P (Predicted) - передбачені кадри, які описують відмінності між поточним і попереднім кадрами (типу I або P);
- B (Bidirectional) - інтерпольовані в двох напрямках (вперед і назад) кадри, що містять лише покажчики на попередні чи наступні кадри типу "I" або "P".

Послідовність кадрів може бути, наприклад, така:  
"IBVRBVRBVRBVBRBVRB ..."

Потрібно зауважити, що перш ніж декодувати "В" кадр потрібно декодувати два "І" або "Р" кадри. Існують різні стандарти на частоту, з якою повинні слідувати "І" кадри, приблизно 1-2 в секунду, відповідні стандарти є і для "Р" кадрів (кожен 3 кадр повинен бути "Р" кадром).

Для більшого стиснення в "В" і "Р" кадрах використовується алгоритм передбачення руху на виході якого виходить:

- вектор зміщення (вектор руху) блоку який потрібно передбачити щодо базового блоку.
- різниця між блоками (яка потім і кодується).

### **Завдання на лабораторну роботу**

#### **1. Дослідження процесу стиснення в форматі motion-jpeg.**

1.1. Завантажити Matlab і відкрити модель, що реалізує стиснення статичних зображень (блок image compression з інструментарія video and image processing blockset).

1.2. Відкриваючи відповідні блоки пояснити роботу моделі, порівнявши її з теоретичним алгоритмом стиснення статичних зображень, і описати що чому відповідає.

1.3. Відповідно до варіанту завдання здійснити моделювання процесу стиснення статичних зображень, подавши відповідний файл на вхід.

1-vipman.avi

2-viptrane.avi

3-viplamedeparture.avi

4-vipwarnsighns.avi

5-vipunmarkedrought.avi

1.4 Зафіксувати значення коефіцієнту стиснення

#### **2. Дослідження процесу стиснення в форматі mpeg-2.**

2.1. Відкрити модель, що реалізує стиснення статичних зображень (блок video compression з інструментарія video and image processing blockset)

2.2. Відкриваючи відповідні блоки пояснити роботу моделі, порівнявши її з теоретичним алгоритмом стиснення статичних зображень, і описати що чому відповідає.

2.3. Здійснити моделювання процесу стиснення статичних зображень, подавши на вхід файл vipman.bin.

2.4 Зафіксувати значення коефіцієнту стиснення

3. Порівняти коефіцієнти отримані в пунктах 1.4-2.4, пояснити відмінності.

## Пояснення до порядку виконання

1. Відкривши Matlab, увійдіть у вкладку Help->Demos (рис. 1.3).

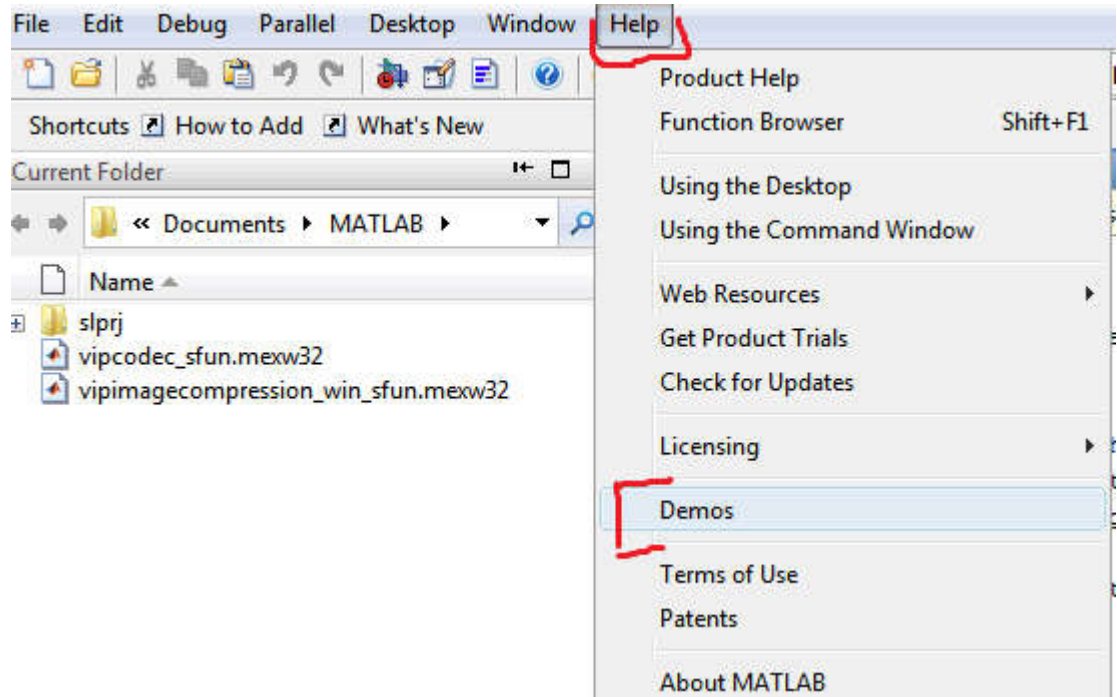


Рисунок 1.3 – Відкриття демонстрацій

2. Увійдіть у пункт VideoandImageProcessingBlockset->Compression, та виберіть відповідний тип стиснення (у прикладі це Image) (рис. 1.4).

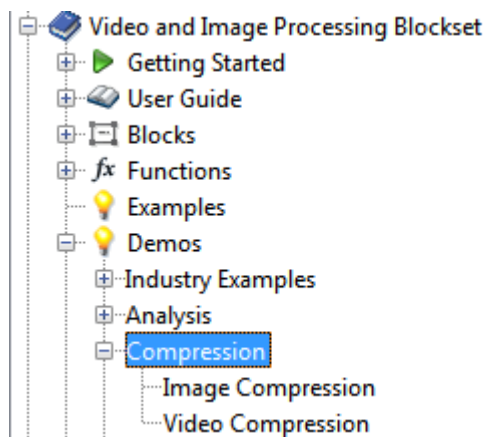


Рисунок 1.4 – Вибір типу демонстрацій

3. Натисніть Openthismodel у правому вікні (рис. 1.5).

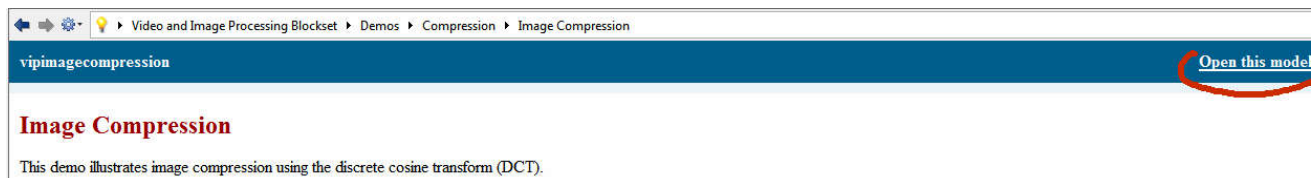


Рисунок 1.5 – Відкриття моделі

4. У новому вікні з'явиться необхідна схема (рис. 1.6).

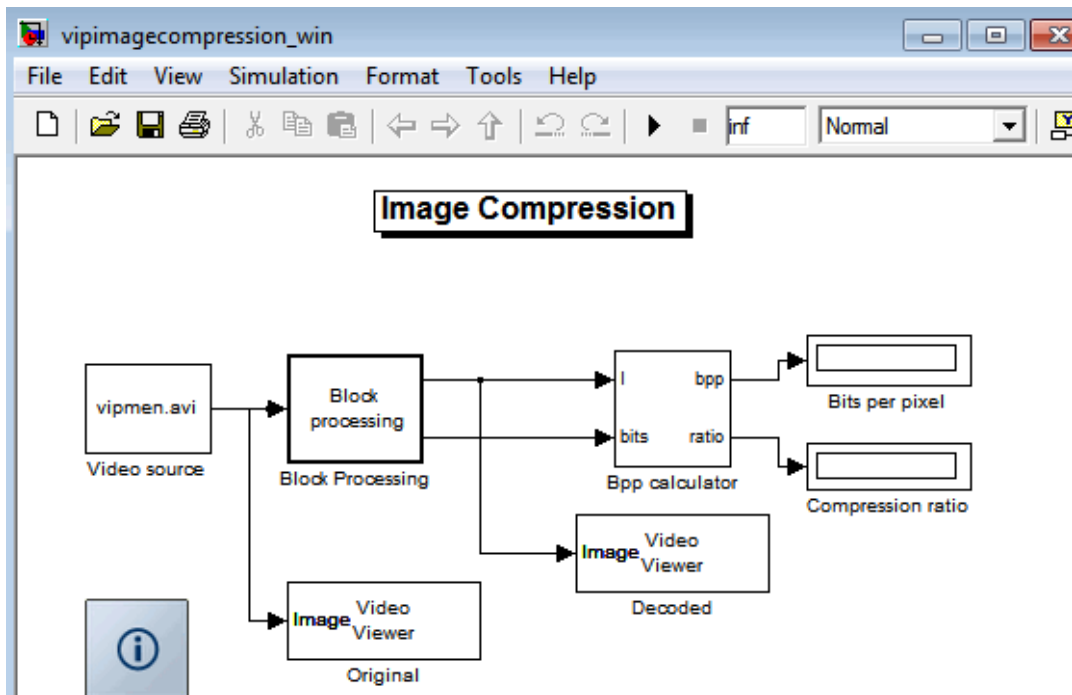


Рисунок 1.6 – Відкрита модель

5. Розкрийте необхідні для дослідження блоки, якщо блок видає діалогове вікно натисніть Open Subsystem (рис. 1.7).

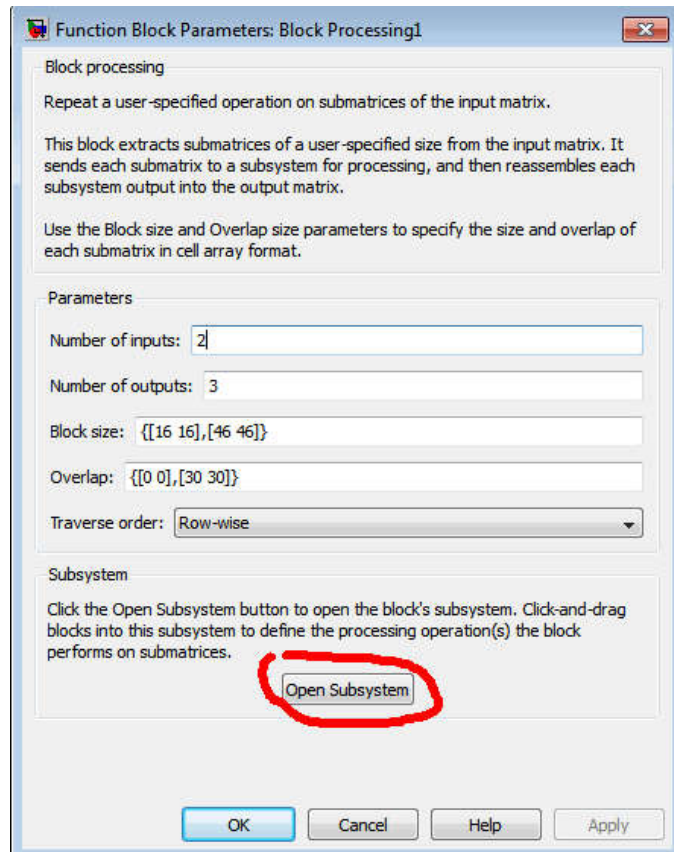


Рисунок 1.7 – Відкриття підсистеми

6. Відкриті для порівняння схеми будуть виглядати так для Motion-JPEG (рис. 1.8).

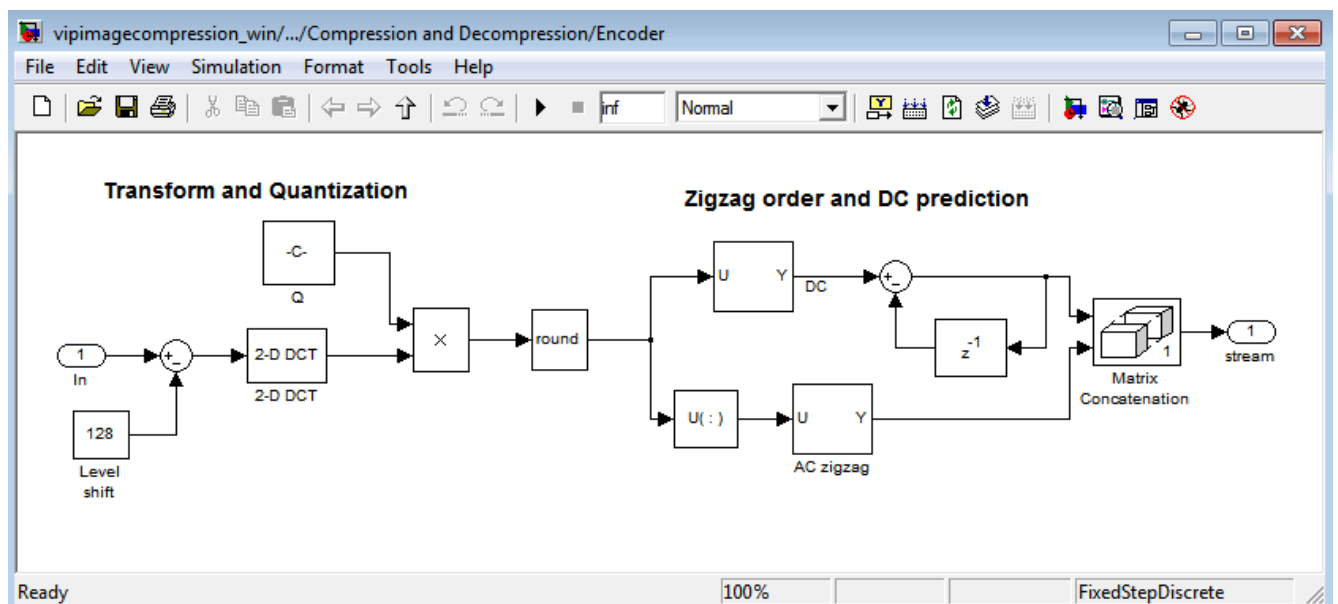


Рисунок 8 – Відкрита схема кодеру

7. Відкрийте відповідний варіанту файл для обробки, послідовно відкриваючи вказані блоки (рис. 1.9).

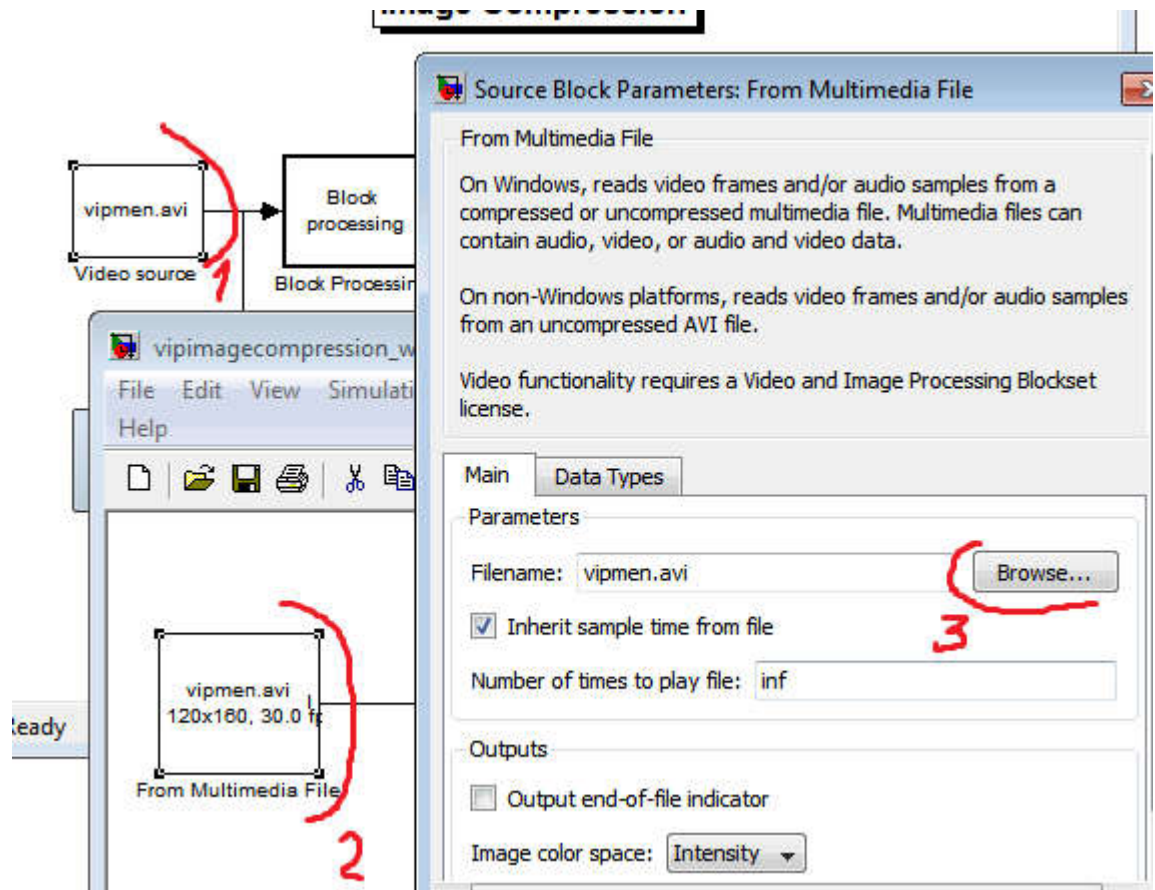


Рисунок 9 – Вибір файлу для обробки

8. Запустіть симуляцію клавішею №1, зафіксуйте середній коефіцієнт стиснення, та зупиніть її клавішею №2 (рис. 1.10).

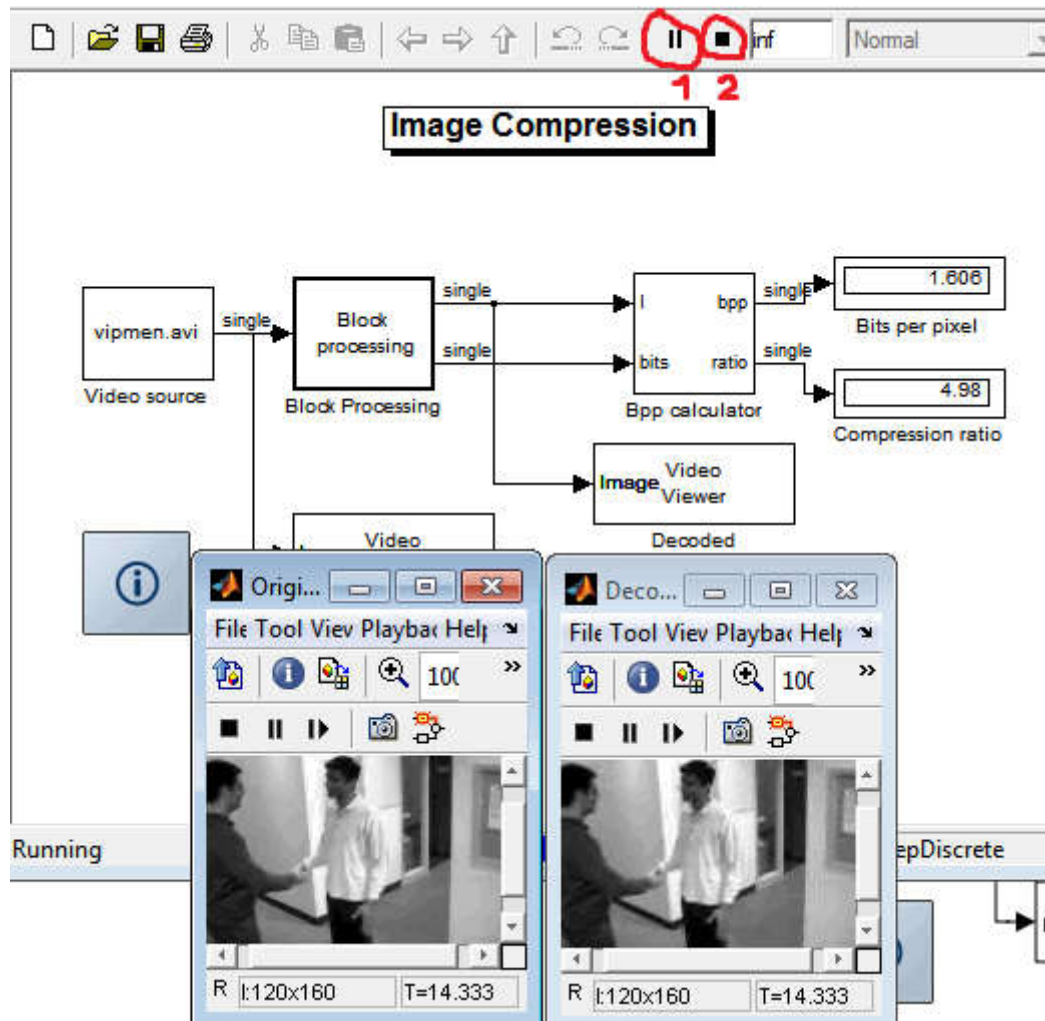


Рисунок 1.10 – Робота з симуляцією

9. Повторіть пункти 2-8 для іншого типу стиснення

### Зміст роботи

1. Номер та тема роботи на титульному аркуші.
2. Мета роботи та порядок виконання роботи на наступному аркуші.
3. Результати виконання роботи: за п.6 – знімкисхем моделей стиснення; за п.8 – знімки симуляції; середні коефіцієнти стиснення для обох методів, висновки про їх відмінність та відмінності у якості зображення.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ DVB-T ЗАСОБАМИ MATLAB

**Мета роботи:** дослідити призначення основних блоків моделі системи DVB-T в програмі MATLAB та проаналізувати особливості роботи підсистем каналного кодування і модуляції в приймальних та передавальних пристроях системи DVB-T.

### Теоретичні відомості

DVB-T (англ. Digital Video Broadcasting - Terrestrial) — європейський стандарт наземного цифрового мовлення, належить до сімейства стандартів DVB. Використовується, перш за все, в різних європейських, азіатських та африканських державах, а також в Австралії як стандарт для передачі цифрового телебачення і радіо. Північноамериканський пандан до DVB називається ATSC, японський - ISDB, в Китайській Народній Республіці - DMB-T/H. DVB-T в різних країнах часто має інші скорочення, наприклад, у Великобританії та Ірландії він називається «Digital Terrestrial Television (DTT)», або, відповідно до вартості, «Pay-TV» або «Freeview», в Іспанії "Televisión Digital Terrestre (TDT), у Франції - «Télévision Numérique Terrestre (TNT)».

Стандарт дозволяє передавати стиснене відео, звук і дані в транспортному потоці MPEG, що використовує COFDM-модуляцію.

Використовувана в DVB-T модуляція OFDM розбиває цифровий потік даних на велику кількість повільніших цифрових потоків, кожен з яких у цифровій формі модулюється рядом близько розташованих суміжних частот-носіїв. Мікросхеми пристроїв, що здійснюють модуляцію, можуть працювати з кількістю частот-носіїв, що дорівнює будь-якому ступеню двійки, тому було обрано найближче число —  $8192 = 2^{13}$ , цей режим отримав назву «8k». Для прискорення прийняття стандарту вимоги до одночастотної мережі знизили,



обмежившись числом носійних  $2048 = 2^{11}$ , режим «2k». Зрештою було прийнято єдину специфікацію «2k/8k». Стандартом використовуються два значення тривалості активної частини символів ( $T$ ) 224 мкс для режиму «2k» і 896 мкс для режиму «8k». Частотне рознесення становить 4464 Гц і 1116 Гц, число частот-носіїв ( $N$ ) 1705 і 6817 відповідно.

Таблиця 2.1 – Основні параметри системи DVB-T

Параметр	Режим	
	8k	2k
Число носійних	6817	1705
Тривалість корисного інтервалу $T_u$ , мкс	896	224
Тривалість захисного інтервалу $T_g$ , мкс	224, 112, 56, 28	56, 28, 14, 7
Інтервал між несучими, Гц	1116	4464
Інтервал між крайніми несучими, МГц	7,61	7,61
Модуляція носійного	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Швидкість внутрішнього коду	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

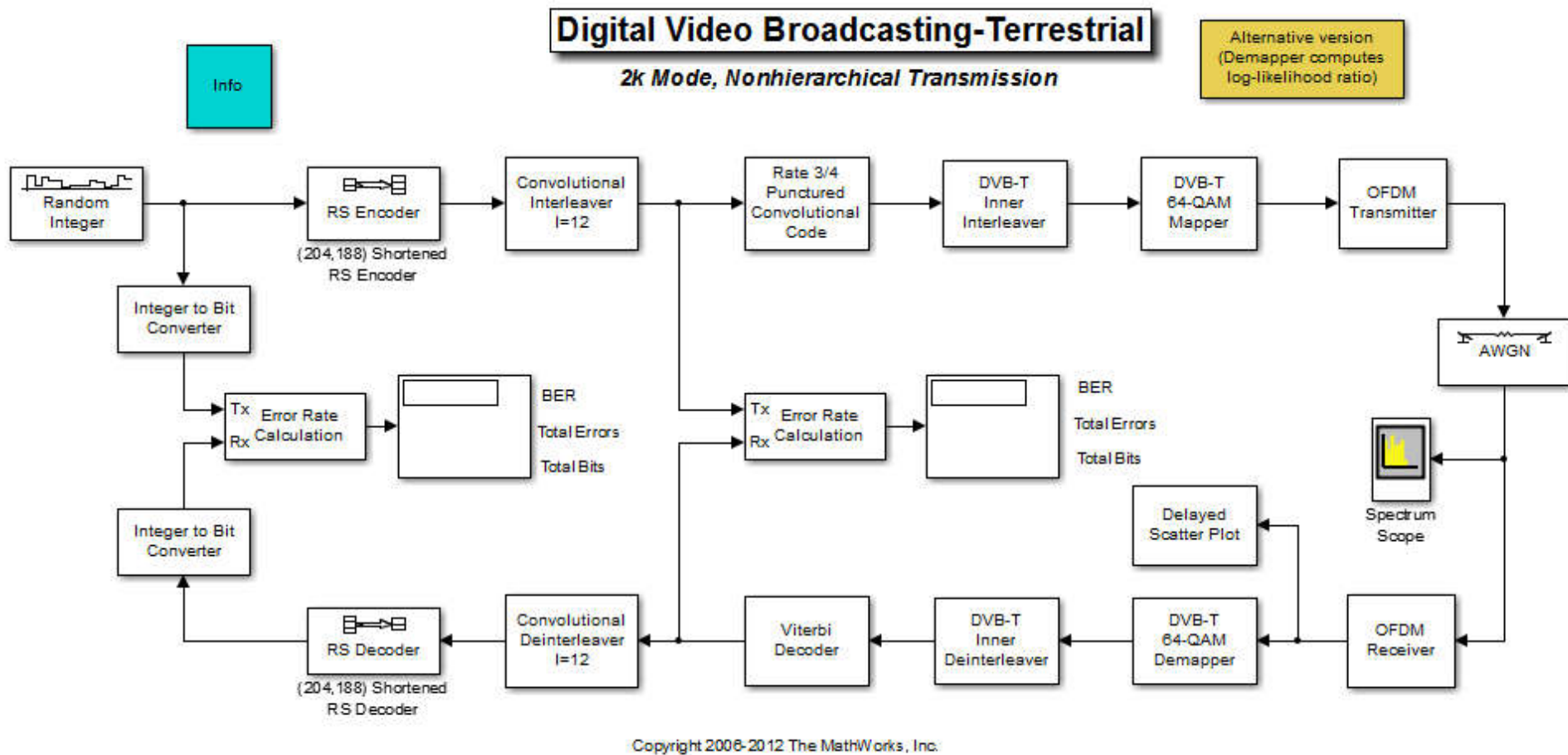


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема системи DVB-T

### Порядок виконання роботи

3. Завантажити модель системи DVB-T програмного середовища MATLAB, яка знаходиться за шляхом: «Help» → «Demos» → «Communication Blockset» → «Demos» → «Application Specific Examples» → «Digital Video Broackcasting» → «Terrastial».

4. Проаналізувати структуру моделі, порівняти її з теоретичними стрктурними схемами передавальних та приймальних пристроїв в DVB-T та пояснити призначення елементі в моделі.

5. Зауваживши, що модель моделює роботу системи DVB-T в режимі 2k з використанням загорткового кодування на швидкості 3/4 та модуляцією 64-QAM необхідно виконати таке:

3.1. Запустивши процес моделювання, отримати значення імовірності бітової помилки на виході декодера Вітербі для таких значень відношення сигнал/шум (BER):

№	1 варіант	2 варіант	3 варіант	4 варіант	5 варіант
1	15 дБ	16 дБ	16,5 дБ	15,5 дБ	14,5 дБ
2	17 дБ	18 дБ	18,5 дБ	17,5 дБ	16,5 дБ
3	19 дБ	20 дБ	20,5 дБ	19,5 дБ	19 дБ
4	21 дБ	22 дБ	22,5 дБ	21,5 дБ	21 дБ
5	23 дБ	24 дБ	24,5 дБ	23,5 дБ	23,5 дБ

3.2. Отримати імовірності бітової помилки на виході декодера Ріда-Соломона для тих же значень відношення сигнал/шум, відповідно до варіанту.

3.3. Зафіксувати сигнальне сузір'я для кожного значення відношення сигнал/шум, пояснити як співвідноситься значення BER з виглядом сигнального сузір'я.

3.3. Пояснити, як може змінитися значення імовірності бітової помилки, якщо згортковий кодер буде працювати на швидкостях 2/3, 5/6.

4. Побудувати графіки залежності значення імовірності бітової помилки від відношення сигнал/шум на виході декодера Вітербі та Ріда-Соломона (графіки побудувати засобами Matlab).

### **Лабораторна робота №3**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ DVB-S2 ЗАСОБАМИ MATLAB**

**Мета роботи:** дослідити алгоритм роботи системи супутникового цифрового телевізійного мовлення DVB-S2 на основі моделі MATLAB. З'ясувати основне призначення елементів моделі та встановити особливості системи DVB-S2 у порівнянні з системами DVB-S.

### **Теоретичні відомості**

Стандарт системи другого покоління (DVB-S2) є доповненням до широко використовуваного стандарту SAT-мовлення DVB-S для відеомовлення, інтерактивних послуг, збору новин та інших широкосмугових супутникових (SAT) застосувань. Новий стандарт був створений консорціумом DVB Project (Digital video Broadcasting Project – Проект цифрового відеомовлення – організація, що займається розробкою стандартів в області цифрового телебачення для Європи) та детально вивчений з технічної точки зору Об'єднаним технічним комітетом (JTC – Joint Technical Committee) Європейського союзу радіомовлення (RBU – European Broadcasting Union), Європейським комітетом з електротехнічної стандартизації CENELEC та Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI – European Telecommunications Standards).

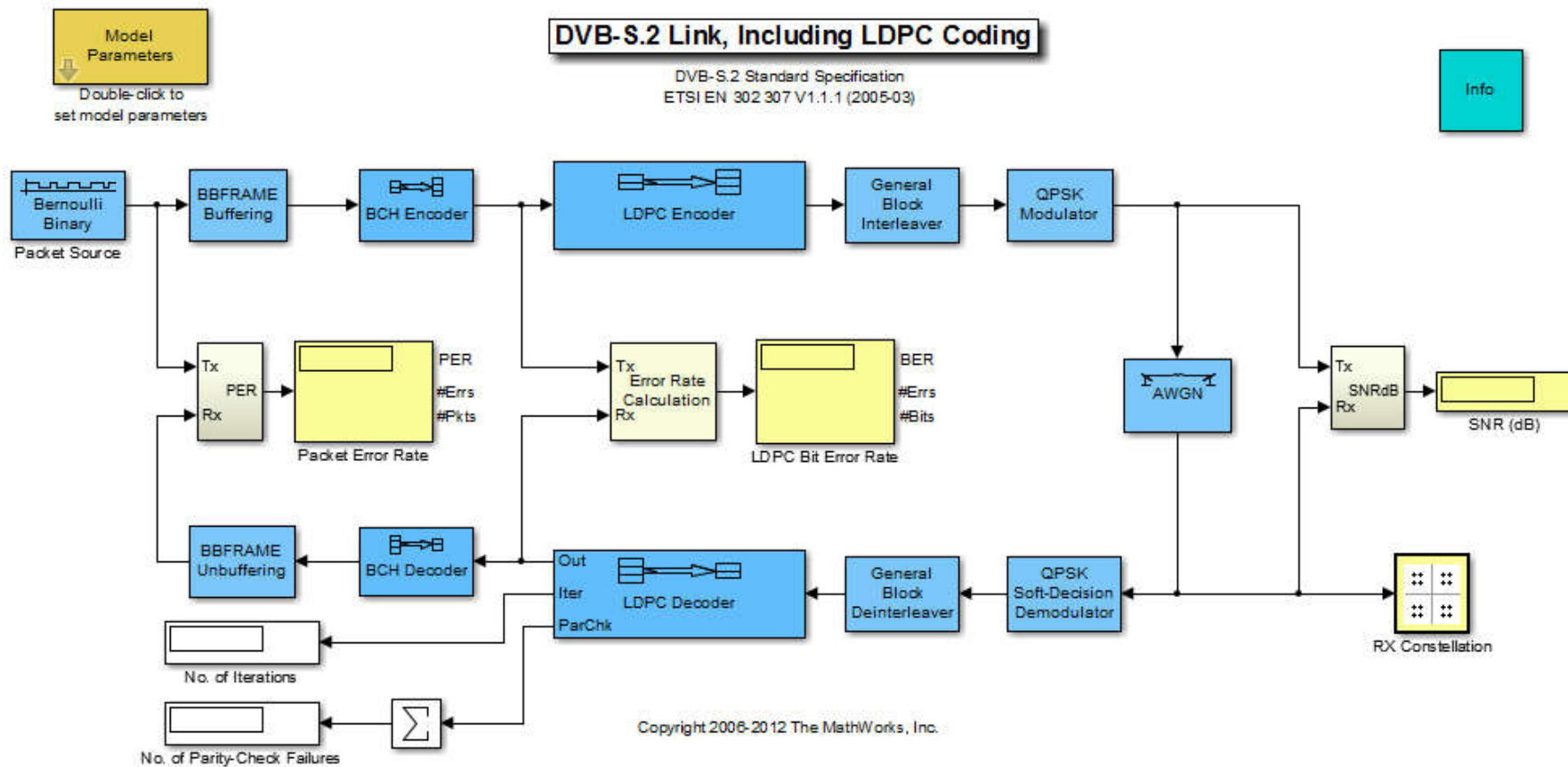


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи DVB-S2

DVB-S2 – це DVB-специфікація для широкосмугових SAT застосувань другого покоління, розроблена на базі напрацьованих технологій DVB-S та DVB-DSNG (Digital Satellite News Gathering – цифрова супутникова відео журналістика). Під DSNG звичайно розуміють пересувні системи передавання TV інформації з місця подій, що називаються системами збору новин. Система DVB-S2 розроблялася в основному для:

- послуг TV мовлення стандартної чіткості (SDTV) та TV високої чіткості (ТВЧ або HDTV);
- інтерактивних послуг, включаючи доступ в Internet;
- професійних додатків.

Для всіх цих застосувань DVB-S2 використовує останні досягнення як в модуляції, так і в кодуванні каналу, що дозволяє збільшити пропускну здатність приблизно до 30% і більше в порівнянні з DVB-S. В межах потоку даних, що передається, може використовуватись широкий набір адаптивного кодування, модуляції та рівнів захисту від помилок (тобто швидкості кодування).

Для досягнення компромісу між випромінюваною потужністю та спектральною ефективністю, в DVB-S2 передбачено розширене число швидкостей кодування ( $1/4$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $1/2$ ,  $3/5$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $4/5$ ,  $5/6$ ,  $8/9$  и  $9/10$ ) при різних форматах модуляції (QPSK, 8PSK, 16APSK и 32APSK). Так, швидкості кодування  $1/4$ ,  $1/3$  та  $2/5$  були введені для роботи в комбінації з QPSK модуляцією для найгірших умов зв'язку, коли рівень сигналу нижче рівня шуму.

Завдяки вибору модуляційних сузір'їв (способу модуляції) та швидкостей кодування, доступні ефективності спектру  $R_u$  від 0,5 до 4,5 бит/с/Гц. В DVB-S2 передбачено три коефіцієнти округлення спектра (фактор roll-off):  $\alpha = 0,35$  (як і в DVB-S),  $\alpha = 0,25$  и  $\alpha = 0,2$  (наближення до прямокутної форми), що додатково збільшує пропускну здатність, хоча й пред'являє великі вимоги до лінійності транспондера.

DVB-S2 забезпечує відмінну продуктивність, наближуючись до границі Шеннона, теоретичної максимальної швидкості передачі інформації в каналі для заданого рівня шуму. Система може працювати при співвідношенні сигнал/шум від -2 дБ (тобто нижче рівня шуму) з QPSK до +16 дБ при використанні 32APSK. Таблиця 3.1 показує підвищення ефективності, яку DVB-S2 забезпечує у порівнянні з DVB-S при типових параметрах ТВ мовлення з вииграшем в корисній швидкості на більш ніж 30% в кожному випадку.

Таблиця 3.1 - Приклад порівняння DVB-S та DVB-S2 для ТВ-мовлення

Эффективная изотропно-излучаемая мощность транспондера, дБВт	51		53,7	
Система	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Модуляция и кодирование	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Символьная скорость, Мбод/с	27,5 ( $\alpha = 0,35$ )	30,9 ( $\alpha = 0,2$ )	27,5 ( $\alpha = 0,35$ )	29,7 ( $\alpha = 0,25$ )
C/N (в полосе 27,5 МГц), дБ	5,1	5,1	7,8	7,8
Полезная скорость данных, Мбит/с	33,8	46 (выигрыш = 36%)	44,4	58,8 (выигрыш = 32%)
Количество ТВ программ в стандартном разрешении	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Количество ТВ программ в высоком разрешении	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

### Порядок виконання роботи

1. Завантажити модель системи DVB-S2 у програмному середовищі MATLAB, яка знаходиться за шляхом: «Help» → «Demos» → «Communication Blockset» → «Demos» → «Application Specific Examples» → «DVB-S2Link».

2. Порівняти теоретичну структуру схему системи DVB-S2 з моделлю, з'ясувати призначення усіх елементів моделі. В чому полягає відмінність системи DVB-S2 від системи DVB-S.

3. Відповідно до варіанту завдання налаштувати параметри системи та здійснити моделювання системи DVB-S2 відповідно до вказаних параметрів (табл. 1.1).

№ варіанту	1 режим	2 режим
1 варіант	QPSK 1/4	QPSK 3/4
2 варіант	QPSK 1/2	8 PSK 3/5
3 варіант	QPSK 3/5	8 PSK 3/4
4 варіант	QPSK 4/5	8 PSK 4/6

Моделювання здійснити для таких значень відношення  $E_s/N_0$ : 1 дБ; 1,5 дБ; 2 дБ; 3 дБ; 5 дБ; 7 дБ. Кількість ітерацій LDSP-декодера залишити рівним 50.

4. За результатами моделювання отримати такі співвідношення: залежність сигнал/шум від  $E_s/N_0$ , залежність відношення бітової помилки на виході LDSP-декодера від відношення  $E_s/N_0$ , залежність відношення пакетної помилки від відношення  $E_s/N_0$ . Зобразити відповідне сигнальне сузір'я для кожного відношення.

5. Зробити висновки про переваги системи DVB-S у порівнянні з системою DVB-S2.

#### Лабораторна робота №4

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ DVB-C ЗАСОБАМИ MATLAB

**Мета роботи:** дослідити алгоритм роботи системи кабельного цифрового телевізійного мовлення DVB-C на основі моделі MATLAB. З'ясувати основне призначення елементів моделі та встановити особливості системи DVB-C у порівнянні з системами DVB-S та DVB-T.



## Теоретичні відомості

Структурна схема передавальної частини стандарту DVB-C, що використовується в цифрових кабельних телевізійних системах, представлена на рис. 4.1.

Джерелом вхідного сигналу, як і в інших системах сімейства DVB, служить транспортний потік MPEG-2 з пакетами розміром 188 байт. В скремблері пакети організовують в групи по 8, синхробайт кожного першого пакету з групи інвертується та надалі використовується для циклічної синхронізації. Скремблювання, як і в стандарті DVB-S, здійснюють шляхом додавання по модулю 2 з псевдовипадковою послідовністю. Під час проходження кожного синхробайту скремблювання переривається.

Основною відмінністю системи DVB-C від систем DVB-S та DVB-T є використання лише кодера Ріда-Соломона замість каскадного коду (код Ріда-Соломона та згортковий код).

Враховуючи високу завадостійкість кабельних мереж, є можливість використовувати менш завадостійкі способи модуляції, що дає змогу підвищити швидкість передавання через канали зв'язку. Тому в системі DVB-C використовують QAM-модуляцію різної кратності від 16-QAM до 256-QAM.

Додаткового підвищення завадостійкості досягають шляхом відносного кодування двох старших бітів кожного байту з виходу перемежувача в блоці диференційного кодування.

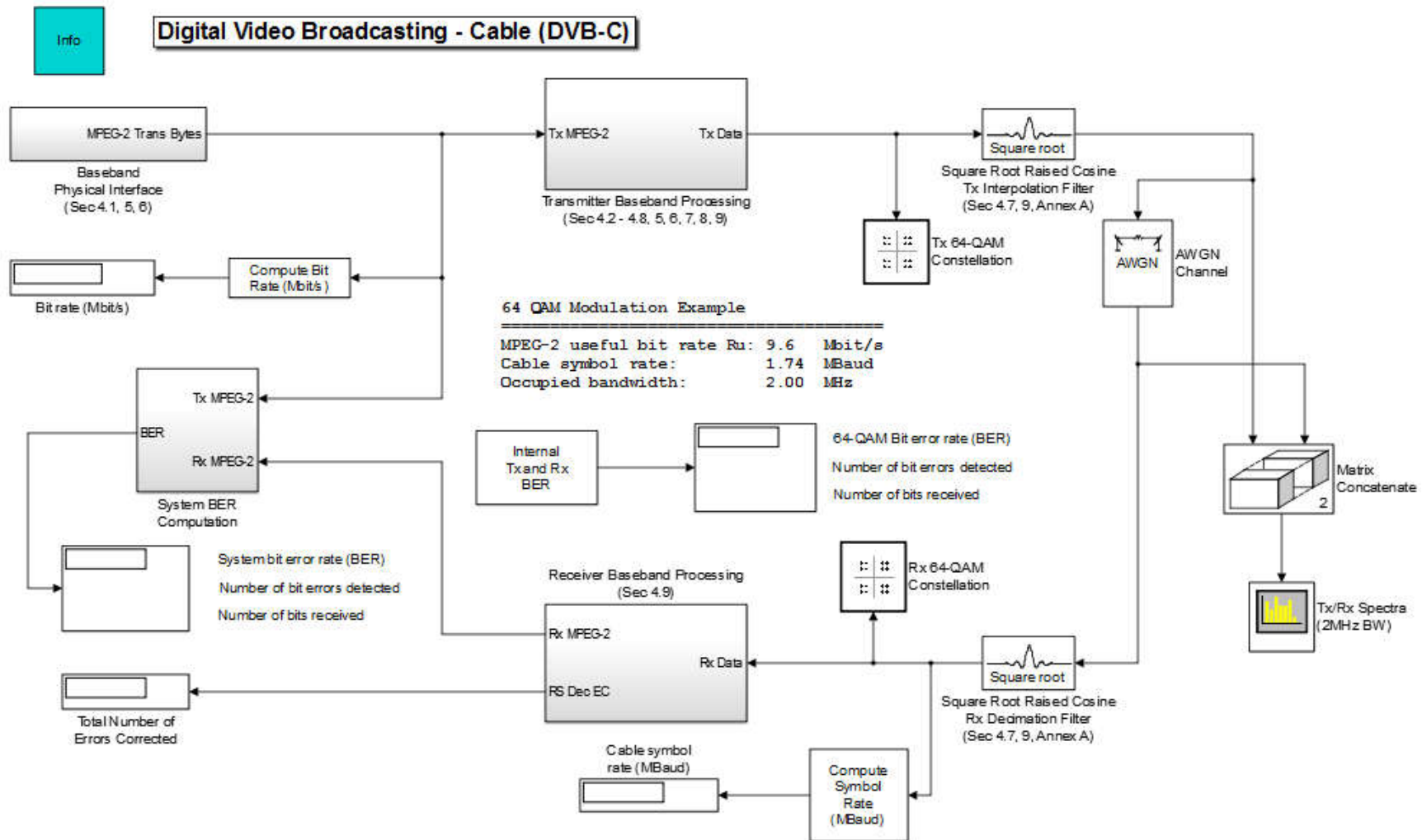


Рисунок 4.1 – Структурна схема головної станції стандарту DVB-C

## Порядок виконання роботи

1. Завантажити модель системи DVB-C у програмному середовищі MATLAB, яка знаходиться за шляхом: «Help» → «Demos» → «Communication Blockset» → «Demos» → «Application Specific Examples» → «Digital Video Broadcasting - Cable (DVB-C)».

2. Проаналізувати структуру моделі, порівняти її з теоретичною структурною схемою передавального пристрою системи DVB-C та пояснити призначення елементів в моделі. Пояснити, в чому полягає відмінність системи DVB-C від систем DVB-S та DVB-T.

3. Запустивши процес моделювання, отримати значення імовірності бітової помилки (BER) на виході демодулятора 64-QAM для таких значень відношення сигнал/шум (SNR):

№	1 варіант	2 варіант	3 варіант	4 варіант	5 варіант
1	19 дБ	19,5 дБ	20 дБ	19 дБ	20 дБ
2	20 дБ	20,5 дБ	21,5 дБ	21 дБ	20,5 дБ
3	21 дБ	21,5 дБ	23 дБ	23 дБ	21 дБ
4	22 дБ	22,5 дБ	24,5 дБ	25 дБ	21,5 дБ
5	23 дБ	23,5 дБ	26 дБ	27 дБ	22 дБ

4. Отримати значення імовірності бітової помилки на виході приймача системи DVB-C (System BER) для тих же значень відношення сигнал/шум відповідно до варіанту.

5. Зафіксувати сигнальне сузір'я для кожного значення відношення сигнал/шум, пояснити, як співвідносяться значення BER з виглядом сигнального сузір'я.

6. Зафіксувати кількість детектованих (detected errors) та виправлених (corrected errors) помилок для кожного значення відношення сигнал/шум відповідно до варіанту задання. Значення занести у таблицю.

7. Побудувати графіки залежності значення імовірності бітової помилки від відношення сигнал/шум на виході демодулятора 64-QAM та на виході приймача системи DVB-C (графіки побудувати засобами Matlab).

8. Зробити висновки про особливості функціонування системи DVB-C у порівнянні з системами DVB-T та DVB-S.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВКАЗІВКИ ПРО ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Критерії оцінювання лабораторних робіт з дисципліни "Телекомунікаційні безпроводові системи 3. Системи цифрового телебачення":

**5 балів** – під час захисту виконаної роботи студент відповідає правильно, у повному обсязі;

**4 бали** – під час захисту виконаної роботи студент допускає незначні неточності у відповідях;

**3 бали** – під час захисту виконаної роботи студент погано орієнтується в матеріалі;

**2 бали** – лабораторна робота виконана студентом у відведений розкладом час;

**0 балів** – лабораторна робота не виконана

Під час захисту лабораторної роботи студент надає звіт, оформлений відповідно до вимог ДСТ 3008-95, який обов'язково повинен містити:

- титульний аркуш з номером та назвою лабораторної роботи;
- мету роботи;
- завдання на роботу;
- порядок виконання та результати роботи відповідно до завдання (індивідуально для кожної роботи ця частина звіту складається згідно з пунктом "Зміст звіту");
- висновки.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А.В. Смирнов. Основы цифрового телевидения: Учебное пособие. – М.: Горячая линия - Телеком, 2001. – 224 с.
2. В.Л. Карякин. Цифровое телевидение. – М.: Солон-Пресс, 2008. – 272 с.
3. Ян Ричардсон. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения.– М.: Техносфера, 2005. – 368 с.
4. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.